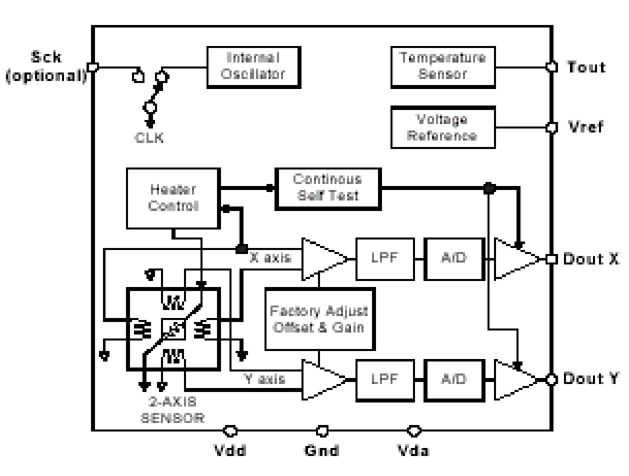
上海麦游电子科技有限公司
上海市普陀区府村路 255 号 2 号楼 2 层 200333
Tel: +86-21-32030015 28816246 Fax:+86-21-32030015
www.my-sensor.com E-mail:sales@my-sensor.com

MSA-LD2.0

特点：

分辨率高于 1mg
双轴加速度传感器，集成 CMOS IC 电路
集成信号处理，无移动部分
抗振：50，000g
带宽：17Hz，可扩展到 160 Hz
电源输入：3.0V 至 5.25V
封装尺寸：5mm*5mm*2mm
持续自检，超低零位漂移
轴与轴相互独立，可编程



MSA-LD2.0 电路示意图

应用

汽车：汽车安全/由动到静/ABS/倾角感应
安全：油箱/电梯/疲劳测试
办公设备：计算机外围设备/PDA/智能鼠标/微型电话
游戏：操纵杆/RF 接口/菜单选择/倾角感应
大型家用电器：旋转/振动控制

一般特征

MSA-LD2.0为低成本，双轴加速度传感器，集成在标准的微型的CMOS电路板上。测量范围是±2g，灵敏度12. 5%/g (我们提供量程从±1g到±10g的各种加速度传感器，大于10g的，我们可以根据客户的要求定制)。此款加速度传感器既可以测量动态加速度（如振动），也可以测量静态加速度（如重力加速度）。MSA-LD2.0的设计是基于热交换原理，所以没有固定顶端物质，这样可以减少像其它装置的附和微粒问题，从而抗振可达到50，000g，显著降低错误和操作失误。

MSA-LD2.0输出数字信号（其它加速度传感器有比例和模拟输出）。输出的数字信号占空比（峰值和周期的比值）和加速度成正比关系。占空比可以直接为微处理器所应用和集成。典型的噪音水平是0.2mg/$\sqrt{HZ}$ 。即使在1Hz的带宽输出时，信号可低至1mg。MSA-LD2.0的封装十分小，封装尺寸是5mm*5mm*2mm，高度2mm。封装是密封的，可承受的操作温度范围是-40° C 到+105° C。MSA-LD2.0的封装是标准封装，对于大批量的客户，额外的电路可以很容易集成。如果有此方面的需要，请和我公司联系。

MSA-LD2.0性能参数：(检测环境：温度25°C；加速度0g[无特别说明时]，输入电压5.0V[无特别说明时])

		MSA-LD2.0			
参数	条件	最小	典型	最大	单位
传感器输入 测量范围 非线性 线性误差 横向灵敏度	**每轴** 很好的线性	 ±2.0	 0.5 ±1.0 ±2.0	 2.0	 G %of FS degrees %
灵敏度	每轴				

灵敏度，数字输出（D_{OUTX}和D_{OUTY}引脚） 随温度的变化（无补偿）		11.8 -25	12.5	13.2 +8	%Duty Cycle/g %
无加速度时的偏移 偏移量 占空比 相对于温度的偏移	每轴 以12.5%/g为基础	 -0.10 48.7	 0.00 50 ±1.5 ±0.02	 +0.10 51.3	 g %Duty Cycle mg/^{O}C %/^{O}C
噪声 噪声密度，%Duty Cycle			 0.02	 0.04	 %Duty cycle/$\sqrt{Hz}$
频响 3dB带宽		 12	 17		 Hz
温度输出 T_{out}输出电压 灵敏度		 1.21 4.6	 1.25 5.0	 1.29 5.4	 V mV/^{O}K
参考电压 V_{Ref} 随温度的改变量 电流驱动能力	 供电电源2.7V-5.0V	 2.4	 2.5 0.1	 2.65 100	 V mV/^{O}C μA
自检 出错情况下A_{OUTX},A_{OUTY}电压 出错情况下A_{OUTX},A_{OUTY}电压	 5.0V供电, 3.0V供电,输出与输入电压有关		 5.0V 3.0V		 V V
D_{OUTX},D_{OUTY}输出 正常电压输出 电流 启动时间	100Hz或400Hz的数字信号 5.0V供电 3.0V供电 3.0到5.0V供电 5.0V供电 3.0V供电	 0.1 0.1 90	 100 100 100 40	 4.9 2.9 110	 V V μA mSec mSec mSec
供电 工作电压范围 供电电流 供电电流	 5.0V 2.7V	 3.0 2.5 3.0	 3.1 3.8	 5.25 3.9 4.6	 V mA mA
温度范围 工作温度范围		 -40		 +105	 ^{O}C

最大的绝对范围

电压范围(V_{DD},V_{DA})： -0.5V - +7.0V

储存温度： -65°C - +150°C

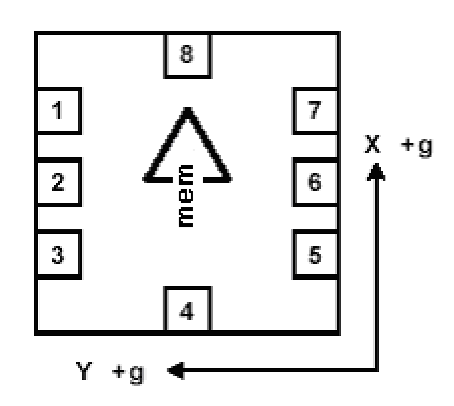
加速度：50,000g

注:不能在最大范围外使用.在最大范围内长时间使用时也会对设备造成损害.

封装特性

封装	θ_{JA}	θ_{JC}	设备重量

LCC-8	110° C/W	22° C/W	< 1 gram



俯视图

X，Y轴如图所示

封脚功能描述：LCC-8封装

封脚	名字	功能
1	T_{OUT}	温度(模拟电压输出)
2	D_{OUTY}	Y轴加速度信号数字输出
3	Gnd	接地
4	V_{DA}	模拟电压输入
5	D_{OUTX}	X轴加速度信号数字输出
6	V_{ref}	2.5V参考电压
7	Sck	外接时钟
8	V_{DD}	数字电压输入

定货指南

型号	封装形式	数字输出
MSA-LD50A	LCC-8 SMD	100Hz
MSA-LD50B	LCC-8 SMD	400Hz

当心：此设备为静电感应灵敏设备

操作理论

MS系列加速度传感器是完全的双轴加速度传感器,封装在CMOS IC电路上。加速度传感器的原理是基于热交换，MS系列传感器的介质是气体。

热源处于硅片的中央，硅片悬在空穴中间。在热源(双轴)的四周均匀分布有热电藕堆（铝/多硅晶）。在没有加速度的情况下，热源的温度梯度均匀分布，对四周的热电藕而言，温度是一样的，输出的电压也是一样的。

因为热自由交换，任何方向的加速度将打破温度分布的平衡，使之分布不平衡。输出的电压（温度）也将随之改变。热电藕输出的电压差和加速度成比例。在加速度传感器上有两路信号，一路是测量X轴加速度的，另一路是测量Y轴加速度的。如要了解自由热交换原理，可与我公司技术人员联系。

引脚功能描述

V_{DD} ：数字电路和传感器热源提供电源。参考PCB板和封装指南以及推荐连接，电压范围应该在2.70和5.25之间。

V_{DA} ：模拟放大器电源。请参考PCB板和封装指南以及推荐连接。

Gnd：加速度的接地连接端。

D_{OUTX} ：X轴加速度信号数字输出。频率在100Hz或400Hz，可编程决定。用户应该确认阻抗足够大以防止电流大于100μA.。在工厂里面，X轴同Y轴一样编程。如果需要两轴不一样的灵敏度，请与我公司联系。

D_{OUTY} ：Y轴加速度信号数字输出。频率在100Hz或400Hz，可编程决定。用户应该确认阻抗足够大以防止电流大于100μA.。在工厂里面，Y轴同X轴一样编程。如果需要两轴不一样的灵敏度，请与我公司联系。

T_{OUT}：温度传感器信号输出端。在T_{OUT}端输出的模拟信号，是模子的温度。此电压可以反映环境相对温度，而不是绝对温度，十分有用。把此信号与25^{O}C时的环境温度相比较，其中的差值可以用来补偿加速度信号的偏差和灵敏度。需要了解详细信息，可以和我公司联系。

Sck – 标准产品内部有时钟 (800kHz)，当使用内部时钟时，此引脚应该接地。外接时钟的选用可以与我公司联系，其中输入信号范围在400kHz到1.6MHz

V_{ref} 参考电压引脚。标准值是2.50V，有100μA的驱动能力。

补偿因温度引起的灵敏度的变化

所有的热电藕的灵敏度对温度的特性是一致的。根据物理学原理，灵敏度随着热交换而改变。制造条件的改变并不影响灵敏度的改变。灵敏度根据以下公式改变（参考图1）

$S_i \times T_i^{2.67} = S_f \times T_f^{2.67}$

其中，S_i是在初始温度T_i灵敏度。S_f是在最终温度T_f的灵敏度。温度单位是°K，灵敏度单位是% duty cycle/g.

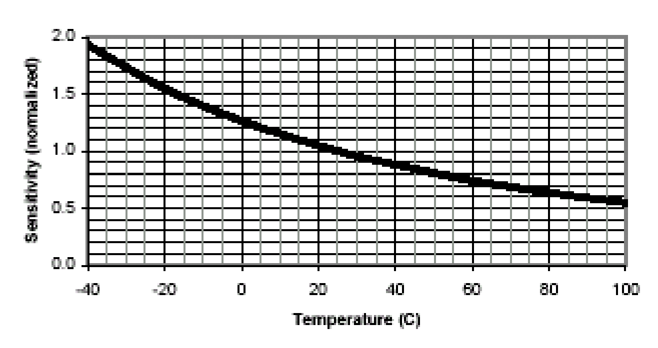


图1：加速度灵敏度

当用在游戏中时，游戏或是控制杆基本处于一恒温状态下，灵敏度就用不着硬件或软件补偿。游戏着可以很方便的进行补偿。

当少许的灵敏度改变可以接受时，上面的公式可以用线性方程代替。利用线性模拟，在0° C到+50° C的范围内，以 –0.9%/° C补偿的外部补偿电路可以保持灵敏度的变化在其常温值的10%范围内。

当需要高精度时，可以利用低成本的微控制器来实现上面的等式。推荐的方案是使用芯片16F873/04-SO和工厂生产的硬件，其中工厂的硬件可和我公司联系。使用这推荐方案，在-40° C到+105° C的范围内，可以在全范围内保持传感器灵敏度的变化不会超过3%。更多信息请和我公司联系。

加速度传感器测倾角及最高分辨率

测倾角的应用：MS系列加速度传感器最普遍的应用是测量倾角。利用重力加速度对加速度传感器的影响，来测量物体的倾角。

当加速度传感器的敏感轴与重力加速度垂直时，或与水平面平行时，MS加速度传感器对位置，即倾角十分敏感。同样，当加速度传感器的敏感轴与重力加速度平行时，或与水平面垂直时，MS加速度传感器对位置，即倾角变得不敏感。

表1和表2说明了当角度从+90° 变到 0° 时X和Y轴输出信号的改变。当某轴每改变一度（在mg范围内）输出信号只有微弱变化时，另一轴每改变一度输出信号的变化则会比较大。两轴的互补性允许低成本的MS倾角传感器可以达到高精度。（参考应用手册007）。

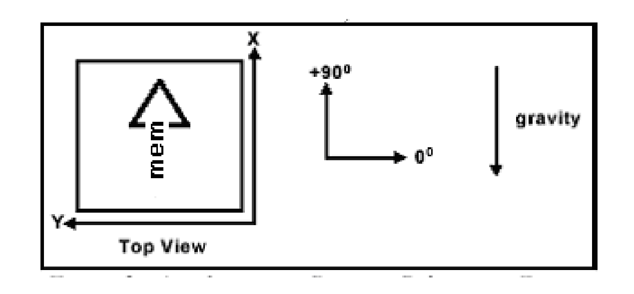


图2：加速度传感器位置和重力加速度的关系

表1 X、Y轴倾角的变化

X轴相对于水平面的角度	X轴		Y轴	
	X轴输出	倾角每度的改变（mg）	Y轴输出	倾角每度的改变（mg）
90	1.000	0.15	0	17.45
85	0.996	1.37	0.087	17.37
80	0.985	2.88	0.174	17.16
70	0.940	5.86	0.342	16.35
60	0.866	8.59	0.5	15.04
45	0.707	12.23	0.707	12.23
30	0.500	15.04	0.866	8.59
20	0.342	16.35	0.94	5.86
10	0.174	17.16	0.985	2.88
5	0.087	17.37	0.996	1.37
0	0.000	17.45	1	0.15

最高分辨率： 加速度传感器有广泛的应用，如倾角和定位。设备的噪音水平将随测量的带宽的改变而改变。降低测量的带宽，可以降低噪音水平，增加信号和噪声的比值，同时也增加分辨率。输出噪声和带宽的平方根直接相关。噪声的幅度，也就是峰值到峰值的噪声，大概等于rms值的6.6倍（0.1%的不确定性）。1.0Hz带宽的最大噪声是$1mg/\sqrt{Hz}$。假如带宽增加到10Hz，最大rms噪声值是3.162mg，峰值到峰值的噪声是20.87mg。

数字接口

MSA-LD2.0可以很容易的与微处理器集成。数字输出的加速度传感器需要微处理器有数字接口以读取数字信号。对于模拟输出的加速度传感器，市面上很多低成本的8到12位的微处理器配合A/D转换器可以很容易读取加速度信号。

在很多应用中，微处理器可以提供对灵敏度和零点偏差有效的温度补偿。工厂方面可以提供代码，

推荐设计和应用方法等。在一个数字接口中，下面的参数一定要考虑：
分辨率：能识别的加速度信号的最小变化。
带宽：给定时间内能检测到的加速度信号。
读取时间：测量加速度信号的周期。

占空比的定义

MSA-LD2.0有两个PWM（占空比）输出（X，Y轴）。加速度信号和T1/T2的比值成比例。零点输出是50%的占空比，灵敏度是2%占空比/g。设备的初始公差（零点偏差和灵敏度误差等）将影响到这些正常的值。此型号加速度传感器的周期在工厂时已经设置为10ms（100Hz）或者2.5ms（400Hz）。
T1：一周期内高电平长度所占比例
T2：整个周期的长度
占空比（Duty Cycle）：T1/T2，高电平长度对整个周期长度的比值。
脉冲宽度：高电平周期的时间，定义为T1。

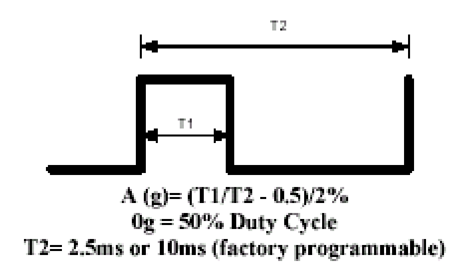


图4：典型的输出周期

T2的选择以及计算器频率的设计

噪音水平是加速度传感器分辨率的一个重要决定因数。第二则是占空比的输出。加速度信号的实际分辨率是由占空比解码器的计时器对时间的分辨率决定的。计时器越快，传感器的分辨率越高，T2的周期越短。表2显示了其中的特性。需要注意的是微处理的计时器的分辨率。也许加速度传感器的噪音水平将决定分辨率的最低极限。

T2 (ms)	Sample Rate	Counter-Clock Rate(MHz)	Counts Per T2 Cycle	Counts per g	Reso-lution (mg)
2.5	400	2	5000	100	10
2.5	400	1	2500	50	20
2.5	400	0.5	1250	25	40
10	100	2	20000	400	2.5
10	100	1	10000	200	5
10	100	0.5	5000	100	10

表2：T2和微处理器时钟速率的关系

在电源不足情况下应用加速度传感器（如用电池）

在电源不足的情况下，可以使用能量循环以延长电池寿命。能量循环是基于如下考虑：加速度传感器启动时间限制了加速度测试的频率。例如在２．７Ｖ，启动时间是40mS，如果使操作时间加倍，也即开40mS，关也是40mS，测试周期是80mS，频率是12.5Hz。加速度以6.25Hz改变时可以测量。能量循环在许多倾角传感器的低频率应用中十分有效。

无加速度时零偏对温度的补偿

偏移补偿可以使用下面的公式：
A_{OC}=A+（a+b*T+c*T*T）
A_{OC}是偏移已经补偿的加速度信号，A是尚未补偿的加速度信号，T是温度，a，b，c是根据加速度传感器所选定的常数。通过计算机程序可以确定这些常数。通过RS232接口和计算机连接，可以读取和修改MCU EEPROM中的这些常数。事先，EEPROM中都存有这些常数。要获取这些常数，传感器需要在整个温度范围内选三个温度点来进行实验。在每个温度点，将获取相应的A和T值。利用A0，T0，A1，T1，A2，T2进行二次插值计算，可以得到a，b，c三个常数。公式如下：
r0 = A0 / ((T0-T1)*(T0-T2))
r1 = A1 / ((T1-T0)*(T1-T2))
r2 = A2 / ((T2-T0)*(T2-T1))
a = r0 * T1 * T2 + r1 * T0 * T2 + r2 * T0 * T1
b = - r0 * (T1+T2) – r1 * (T0+T2) – r2 *(T0+T1)
c = r0 + r1 + r2

在许多情况下都是用计算机来控制温度，和MCU通讯以及计算常数和下载常数到EEPROM。更多更详细的关于温度补偿的讨论可以参考应用手册002。

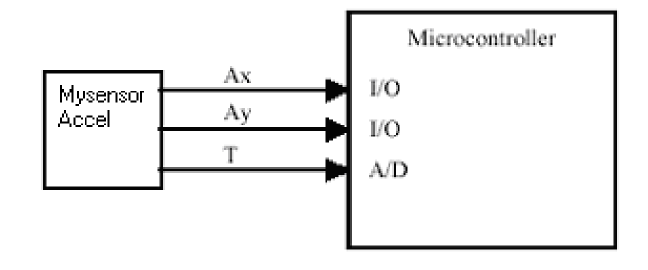


图5：补偿电路

扩展频率后的补偿

热加速度传感器的响应是由内部气体的物理特

上海麦游电子科技有限公司
上海市普陀区府村路 255 号 2 号楼 2 层 200333
Tel: +86-21-32030015 28816246 Fax:+86-21-32030015
www.my-sensor.com E-mail:sales@my-sensor.com

性决定的，也即是由自然转换机制和传感器电子特性决定。V T 系列加速度传感器中的气体是均匀的，一个数字滤波器可以适应所有的传感器。补偿滤波器不需要因单个传感器而调节。补偿滤波器的功能就是用来根据比例补偿加速度信号的增益。加速度传感器信号变化越快，滤波器的增益补偿要求就越高。对于模拟输出的加速度传感器，补偿滤波器可以由两个运放和一些电阻、电容组成。对数字输出传感器，则需要数字滤波器。

当用在高频加速度信号的场合下，数字滤波可能需要一个DSP芯片，这可以从相关制造商那里获得资料。

但是，如果要求带宽比较低（如100Hz），有可能一个8位的微处理器就可以实现数字频率补偿滤波器。只是可能要求微处理器有比较高的时钟频率（20MHz）。

输出的A/D转换

PWM输出可以很容易的转换成模拟信号以利集成。简单的RC滤波器可以完成转换。参考图6。

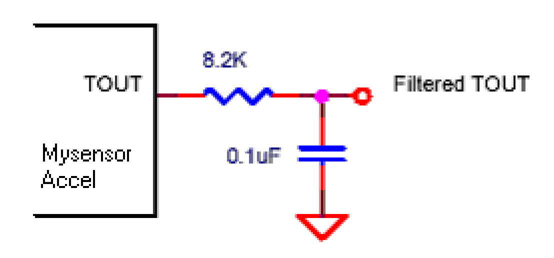


图6：数字信号转化成模拟电压

消除供电所带来的噪音

消除供电所带来的噪音，最好是使用两个电容器和一个电阻（如图9所示）。电容器应离供电端（V_{DA}, V_{DD}）足够近，而且足够短，最好有表面封装。典型的应用中，电容器C1和C2可以是陶瓷的，电容为0.1μF，电阻可以是10 Ω的。应用在5V的环境中时，电能消耗可以忽略，最大的供电噪音可以用如下设置大幅度削减：C1 = C2 = 0.47μF，R = 270

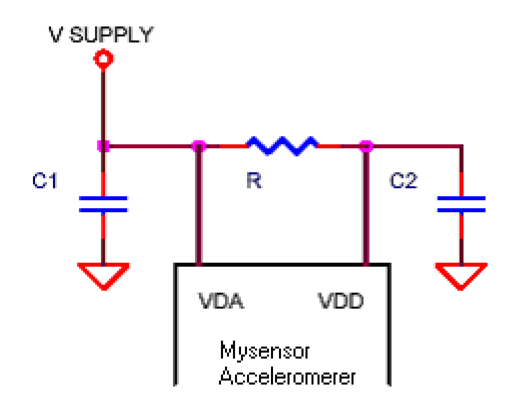


图8：供电噪音的消除

PCB布局和装配建议

1. 为降低噪音，Sck脚应该接地。
2. 推荐使用旁通陶瓷电容器
3. 推荐使用低感应接地线圈
4. 应该注意热平衡，周围没有明显的热源
5. 加速度传感器下面应该是平面，平面的大小和加速度传感器的底端一样，尽可能厚
6. 在地平面上应该有通道，以利散热和把PCB板其他部分的热和设备隔离

7.

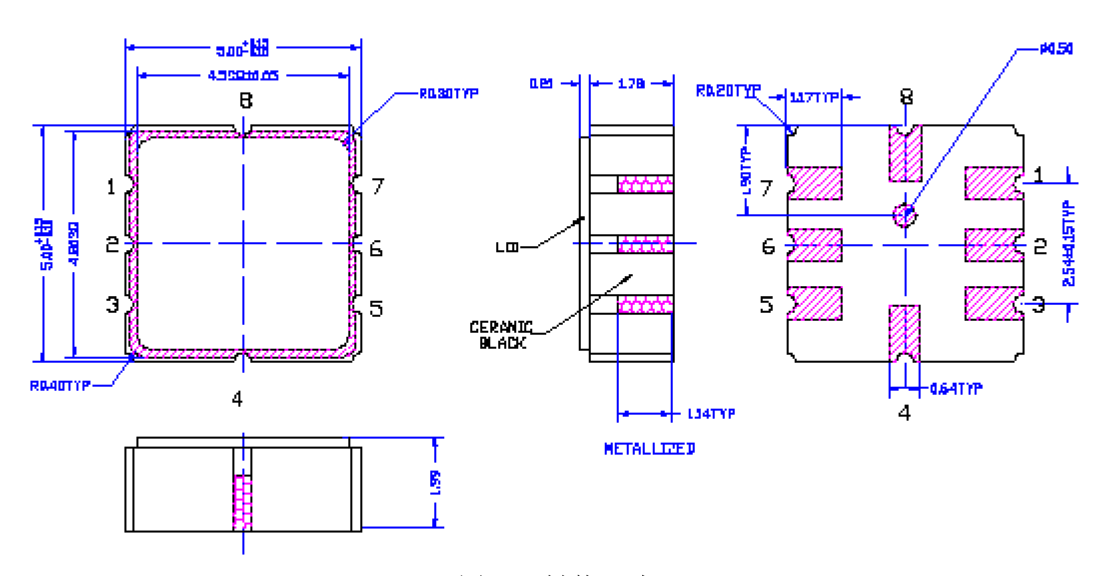

R0.30TYP
R0.40TYP
8
1
2
3
4
5
6
7
LID
CERAMIC
BLACK
1.78
1.34TYP
METALLIZED
R0.20TYP
1.17TYP
1.90TYP
0.64TYP
2.54±0.15TYP
1.59

图10：封装尺寸